

Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra mechanické technologie

Antikorozní úprava hřídelí pro přepravu po moři

**Anticorrosive Adjustment of Shafts for Transportation at
Sea**

Student:

Bc. Michal Schmidtmeyer

Vedoucí diplomové práce:

Doc. Ing. Podjuklová Jitka, CSc.

Ostrava 2012

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra mechanické technologie

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Michal Schmidtmeyer**
Studijní program: **N2301 Strojní inženýrství**
Studijní obor: **2303T002 Strojírenská technologie**
Specializace: **20 Strojírenská technologie**
Téma: **Antikorozní úprava hřídelí pro přepravu na moři**
Anticorrosive Adjustment of Shafts for Transportation at Sea

Zásady pro vypracování:

1. Proveďte rozbor současného stavu protikorozní úpravy hřídelí.
2. Na základě rozboru navrhnete vhodnější přípravek a technologii pro antikorozní úpravu.
3. Navrhnete metodiku experimentálních prací.
4. Zpracujete technickou zprávu.

Seznam doporučené odborné literatury:

MOHYLA, M.: *Technologie povrchových úprav kovů*. Učební texty VŠB – TU Ostrava, 2006. 3. vydání. 156 s. ISBN 80-248-1217-7.
ČSN EN ISO 12 944. *Protikorozní ochrana ocelových konstrukcí ochrannými nátěrovými systémy*. Český normalizační institut, 1998, 1999, 2008.
BROCK, T., GROTEKLAES, M., MISCHKE, P.: *European Coating Handbook*. Vincentz Verlag, Hannover, Germany, 2000. 410 s. ISBN 3-87870-559-X.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí diplomové práce: **doc. Ing. Jitka Podjasková, CSc.**

Datum zadání: 16.12.2011

Datum odevzdání: 21.05.2012




prof. Ing. Jiří Hrubý, CSc.
vedoucí katedry


prof. Ing. Radim Farana, CSc.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.



V Ostravě 21. 5. 2012

.....

podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č.121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména §35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a §60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že jeden výtisk diplomové práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o diplomové práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z jiné strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu §12 odst. 4. autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě dne 21. 5. 2012



.....
podpis studenta

ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE

SCHMIDTMEYER, M. *Antikoroziční úprava hřídelí pro přepravu po moři*

Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, katedra mechanické technologie, 2012, 48 s.

Diplomová práce, vedoucí: Doc. Ing. Jitka Podjuklová, CSc.

Diplomová práce se v úvodu zabývá současným stavem ochrany proti korozi hřídelí s následným rozbořem vhodnější kombinace antikoroziční ochrany pro přepravu po moři. Dále je popsán druh balení v závislosti na důležitosti neporušení korozní protekce a ochrany transportovaného materiálu proti mechanickému poškození.

Experimentální část je zaměřena na určení vhodnosti použití ochranné vrstvy rozpouštěcího antikorozičního prostředku – tectylu, při srovnání různých tloušťek konzervace touto látkou a variantou s ochranou folií. Vzorky byly podrobeny měření drsnosti povrchu a úbytku vrstvy tectylu. Dále byly provedeny zkoušky přilnavosti k základnímu materiálu a zkouška v solné korozní komoře. Výsledky byly zaznamenány, porovnány a vyhodnoceny.

ANOTATION OF THESIS

SCHMIDTMEYER, M. *Anticorrosive Adjustment of Shaft for Transportation at Sea*

VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Mechanical Technology, 2012, 48 p.

Diploma thesis, head: Doc. Ing. Jitka Podjuklová, CSc.

The diploma theses in the preamble looks into the current stage of corrosion protection of the shafts with following analysis of more convenient combination of preservation against corrosion for the oversea transport. Further there is described category of packing depending on the importance of not damaging of corrosion protection and preservation of transported material against mechanical damage.

Experimental part of the diploma theses focuses on determination of suitability of used protection layer of dissolving anticorrosion medium - Tectyle with comparison to various thicknesses of conservation by the substance and option with protection by plastic film. Samples were tested by the measurement of the surface roughness and decrease of the Tectyl's layer. Followingly were performed the adherence tests to the basic material and the tests in salt corrosion room. The results have been recorded, compared and evaluated.

Obsah

Obsah	7
Seznam použitých značek a symbolů	9
Úvod	10
1 Současný stav korozní ochrany hřídelí	11
1.1 Turbinové hřídele	11
1.2 Korozní problémy při přepravě po moři	12
1.3 Rozdělené korozního prostředí	14
2 Nové trendy v technologii zámořského balení	16
2.1 Konzervace hřídelí olejem (Konkor 103)	17
2.2 Konzervace hřídelí Tectylem 506 EH (Valvoline)	17
2.3 Balení hřídelí do hliníkové fólie	18
2.4 Ochranné balení do PE fólie	18
2.5 Balení hřídelí do Lamiflexu	19
2.6 Ochrana hřídelí dřevěným latěním	19
2.7 Čidla	20
2.8 Vysoušedla	20
3 Dělení obalů pro turbínové hřídele	21
3.1 Podstavce pro hřídele o hmotnosti do 10 tun	21
3.2 Podstavce pro hřídele o hmotnosti do 50 tun	22
3.3 Podstavce pro hřídele o hmotnosti do 100 tun	23
3.4 Podstavce pro hřídele o hmotnosti nad 100 tun	23
4 Metodika experimentálních prací	24
5 Popis experimentálních prací	25
5.1 Příprava experimentálních vzorků	25
5.1.1 Úprava vzorků Tryskáním	25
5.1.2 Značení vzorků	25
5.2 Hodnocení povrchu materiálu	26
5.2.1 Čistota povrchu podkladového materiálu dle ČSN EN ISO 8501-1 a zaprášení povrchu dle ČSN ISO 8502-3	26
5.2.2 Stanovení drsnosti podkladového materiálu dle ČSN EN ISO 4287	28

5.1	Aplikace Tectylu 506 EH.....	30
5.1.1	Stanovení tloušťky suché vrstvy tectylu dle ČSN EN ISO 2808.....	31
5.2	Zkoušky přilnavosti antikorozního systému	32
5.2.1	Zkouška přilnavosti mřížkovou metodou dle ČSN ISO 16276-2	32
5.2.2	Zkouška přilnavosti křížového řezu dle ČSN ISO 16276-2	34
5.3	Korozní zkouška v solné komoře dle ČSN EN ISO 9227.....	36
5.3.1	Fotodokumentace vzorků před vložením do korozní komory	37
5.3.2	Fotodokumentace vzorků po 72 hodinách v korozní komoře.....	38
5.3.3	Vyhodnocení zkoušky dle ČSN EN ISO 4628 (degradace tectylu).....	40
6	Hodnocení experimentálních zkoušek	42
6.1	Zhodnocení změny tloušťky vrstev tectylu	42
6.2	Zhodnocení přilnavosti tectylu k základnímu materiálu	42
6.3	Zhodnocení korozní zkoušky v solné komoře.....	43
	Závěr.....	44
	Použitá literatura.....	45
	Seznam příloh	47

Seznam použitých značek a symbolů

Symbol	Název, vysvětlení	Jednotka
C	Uhlík	[-]
ČSN	Česká státní norma	[-]
EN	Evropská norma	[-]
ISO	Mezinárodní norma	[-]
Mn	Mangan	[-]
N	Dusík	[-]
Ra	Průměrná aritmetická úchylka posuzovaného profilu	[μm]
Rp	Největší výška výstupku profilu	[μm]
Rsk	Šikmost posuzovaného profilu (součinitel asymetrie)	[-]
Rq	Kořenová průměrná čtvereční odchylka profilu	[μm]
Rku	Špičatost posuzovaného profilu	[-]
Ry	Největší hloubka prohlubně profilu	[μm]
Rz	Maximální výška profilu	[μm]
S	Síra	[-]
Sa	Normalizovaný stupeň přípravy povrchu	[μm]
λ_s	Filtr, který definuje rozhraní mezi drsností a kratšími složkami vln přítomnými na povrchu	[mm]
λ_c	Filtr, který definuje rozhraní mezi složkami drsnosti a vlnitosti	[mm]
λ_f	Filtr, který definuje rozhraní mezi vlnitostí a delšími složkami vln přítomnými na povrchu	[mm]

Úvod

V současné době certifikace celé společnosti a auditování firem, je nezbytné dodržování stanovených norem. Zejména pro ty společnosti, které mají ve svém portfoliu zahraniční obchod, jsou tyto předpisy milníky, které rozdělují firmy do stupňů jakosti a kvality.

Cílem této práce je poukázat, jak je důležité správné a kvalitní balení společně s konzervací výrobků pro nejnáročnější přepravu z hlediska koroze - transportu přes moře a oceány. V minulosti byla tato část ve výrobním cyklu zanedbávána, ale v současnosti je čím dál více kladen důraz na bezpečnost jak zaměstnanců, kteří tuto ochranu proti působení vnějších vlivů aplikují, tak samotného přepravovaného materiálu.

Praktická část práce je zaměřena na srovnání více variant aplikace průmyslového antikorozního - konzervačního maziva společně s další fóliovou ochranou a vyhodnocení působení koroze na materiál v přímořské oblasti po dobu jednoho roku, což je maximální doba, po kterou se hřídele přepravují a skladují na stavbě elektráren.

Aktuálnost této práce, spočívá v uceleném souhrnu moderního způsobu ochrany proti nejsilnějšímu druhu přepravní koroze společně s požadavky na doplňující balení pro ochranu materiálu nejen po korozní stránce, ale i mechanické.

1 Současný stav korozní ochrany hřídelí

Při globalizaci exportu je nedílnou součástí dodávky také zajištění té nejlepší ochrany produktů při přepravě. Kovový materiál, mnohdy opracován s velkou přesností funkčních ploch prodělává při cestě rozdílnou vlhkost ovzduší, působení UV záření a další klimatické změny, které napomáhají vzniku koroze. Největší vliv koroze je při přepravě po moři, kdy do celého procesu vstupuje sůl obsažená v ovzduší. Produkt tak musíme chránit jak proti mechanickému poškození, tak i před poškozením vnějším. K těmto účelům používáme různé konzervační oleje, balzámy, fólie a krycí prostředky. Světová firma se pak pozná nejen podle kvality svých výrobků, ale i poskytování služeb jako je zajištění kvalitní konzervace a balení. [2, 3, 15]

Obecně lze říct, že hlavní rizika při přepravě jsou mechanická (tlaky, nárazy, vibrace, otřesy), klimatická (voda, vlhkost, ovzduší, prach), biologická (hlodavci, hmyz, plísňe, houby) a společenská (krádeže, nedoručené zásilky). [2, 3, 15]

V oboru dočasné-přepravní ochrany a balení je základním cílem ochránit výrobek proti zmíněným rizikům tak, že stupeň ochrany bude rozdílný, pokud půjde pouze o skladování, manipulaci na krátké vzdálenosti či vzdálená přeprava po souši či po moři. [2, 3, 15]

1.1 Turbínové hřídele

Jako zastupitele všech typů hřídelí budeme uvažovat turbínové hřídele pro velké vodní elektrárny, protože nároky na jejich ochranu proti korozi jsou nejvyšší. Využití těchto hřídelí je pro produkci elektrické energie díly přetlaku vody, který pohání lopatky oběžného kola (rotoru). Nejčastěji se používají Francisovy turbíny, které fungují na principu změny tlaku kapaliny při své cestě potrubím, kde získanou energií odevzdá roztočením rotoru. Tento typ turbíny se nejčastěji užívá pro stabilní průtoky, střední spády a přečerpávací stanice, kde turbína plní funkci pumpy.

Materiály pro výrobu se užívají oceli ASTM A 668 cl E nebo F, C 35, 20 Mn5 a S 355 J2G3. Tyto materiály navrhuje konstruktéři na základě dobrých mechanických vlastností pro snášení parametrů celé vodní přehrady, díky jejich životnosti a u většiny výborné svařitelnosti. Tyto materiály jsou osvědčené v praxi, jejich cena je přijatelná ve srovnání s jinými dražšími materiály podobné jakosti a kvality. Proto není důvod je ničím

nahrazovat. Hřídele jsou vyráběny technologií volného kování s následným tepelným zpracováním – kalením, nebo normalizačním žíháním a popouštěním. Po prvním hrubování zpravidla následuje nedestruktivní zkoušení vad v materiálu. Hřídele se vyrábějí jako monoblok výkovek, nebo svařované z více dílů. Svařování se používá pouze u typů velkých hmotností, kde je výroba omezena produkcí velkých ingotů. Po finálním opracování následují povrchové úpravy funkčních ploch, které budou ve styku s kapalinou ve vodním díle. Nakonec dodavatel musí zajistit ochranu proti korozi pro uskladnění a přepravu. [2, 3, 15]

1.2 Korozní problémy při přepravě po moři

Organické materiály používané pro balení vždy obsahují nějaký podíl vody. Paradoxně není problém vyrobit kvalitně vysušené dřevo, ale zajistit dostatečně kvalitní přepravní a skladovací podmínky materiálu tak, aby před samotným použitím neabsorboval velké množství vody nebo vodních par. Tento materiál uvnitř balení totiž následkem výrazných změn teplot a poměrně kvalitního uzavření způsobí, že se vodní páry uvolňují do prostoru baleného zboží. [2, 3, 15]

Vodní páry se vlivem střídajících se teplot srážejí (zpravidla na konkrétních chladnějších místech) a rozklad organického materiálu vytváří základní organické kyseliny. Jejich roztok je poměrně slabý, a proto jeho agresivita není příliš velká. Tento poměr se však změní s dalším teplotním výkyvem, kdy kyselina vysychá a tím se výrazně koncentruje. Vzhledem k tomu, že k výkyvům teplot dochází ve značném rozsahu minimálně s periodou den – noc, pokud dojde k nenadálé změně počasí, je na konci přepravního řetězce velké riziko, že po otevření obalu příjemcem, pokud by nebyl zabalený produkt chráněn dalším způsobem, došlo by k jeho znehodnocování. [2, 3, 15]

Po celou dobu, po kterou je zboží přepravováno po moři, je současně vystaveno velmi vysoké koncentraci chloridů, které kontaminují prostor uvnitř obalu i zabalené zboží. Koroze je elektrochemická reakce, která pro svůj průběh potřebuje elektrolyt. Vodivost elektrolytu (tedy rychlost průběhu koroze) je závislá na koncentraci chloridů, a znovu tedy platí, že při opakovaném vysychání takového elektrolytu se rychlost koroze prudce zvyšuje. Chloridy, které balení kontaminovaly, jsou navíc v balení přítomny i následně, např. při skladování ve vnitrozemí. [2, 3, 15]

Při korozi v uzavřených obalech během přepravy je sice skutečným původcem koroze většinou vzdušný kyslík, ale suchý kyslík nikoliv. Ten kov nenapadá, neboť na povrchu kovového materiálu se vytvoří vrstvička oxidů, která zabraňuje dalšímu napadání. Teprve přítomnost vodní páry vytváří prostředí pro korozi vzdušným kyslíkem. K tomu dochází ale nad 55 až 70 procent relativní vlhkosti vzduchu. Tuto vlhkost pak označujeme za kritickou. Mezi zvláště nepříznivé okolnosti ovlivňující korozi patří kondenzace vlhkosti neboli orosování. Proto se používají k ochraně vakuové pytle a fólie s vysátým vzduchem, materiál se tak nedostane do styku s kyslíkem a vodní párou a je dokonale chráněn. Nejdůležitější proto je při balení tento obal neporušit, aby ochrana splnila svůj účel. Z toho důvodu je stejně jako konzervace důležitý způsob balení, kontejnerizace a paletizace. [2, 3, 15]

Jestliže dřevěné komponenty jsou tradičními elementy způsobujícími problémy s korozi, je zapotřebí zmínit ještě další dva, které jsou naštěstí obvyklé podstatně méně. Jedním z nich je nedbalost při výrobě a balení. Otisky prstů na povrchu kovů vytvářejí malé množství, avšak o to agresivnějších organických reziduí, která se v konečném důsledku chovají stejně jako výše popsané zdroje problémů. Jejich nebezpečí spočívá navíc v tom, že působí na povrch materiálu okamžitě po kontaktu rukou s kovem, zatímco k aktivní ochraně dochází až později. [2, 3, 15]

Druhým ojedinělým rizikem, zejména v našich zeměpisných šířkách, je hmyz. Ten je organickou strukturou a jako takový znamená naprosto stejné riziko, pokud se dostane dovnitř obalu. Zvláštní požadavky na ochranu proti biologické kontaminaci mají zejména obaly ze dřeva a dřevotřísky. Musejí splňovat fytokaranténní předpisy a mít certifikát FAO15. Pro export se musí tepelně upravovat ve schválených sušárnách. Výsledkem správného postupu je vydání tzv. Phyto certifikátu. [2, 3, 15]

Každý přepravovaný výrobek musí být nakonec dobře označen, aby bylo na první pohled zřejmé, jaký druh zboží se převáží, kde se nacházejí místa pro zvedání, uchycení a další manipulaci. Dále musí být označena místa pro položení a otočení nákladu. Na viditelných místech dřevěného balení se požaduje natisknout značka fytokaranténního ošetření dřeva, informace o výrobku, kupujícím, prodávajícím nebo jenom připravovateli a hlavně cílová destinace zásilky. [2, 3, 15]

1.3 Rozdělení korozního prostředí

Pro přípravu konzervace proti korozi a přepravního balení je důležité znát přesnou trasu nákladu, tak aby se zamezilo působení koroze díky specifickým klimatickým podmínkám na různých místech planety. Prostředí dělíme dle ČSN EN ISO 12944-2 do šesti skupin.

C1 ... velmi nízká

C2 ... nízká

- Ovzduší s nízkým znečištěním
- Venkovské ovzduší, nevytápěné budovy, sklady

C3 ... střední

- Ovzduší se středním znečištěním
- Městské ovzduší, střední znečištění oxidem siřičitým, výroby s vyšší vlhkostí vzduchu, např.: pivovary, mlékárny

C4 ... vysoká

- Průmyslové oblasti a místa s velkou vlhkostí vzduchu, např.: bazény, loděnice

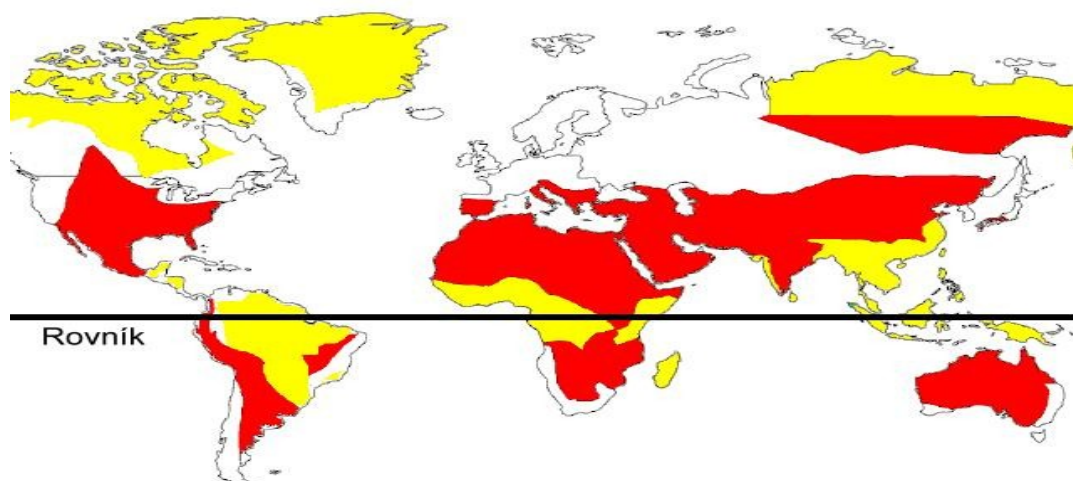
C5 I ... velmi vysoká (průmyslová)

- Budovy a prostředí s nepřetržitou kondenzací a silným znečištěním ovzduší

C5 M ... velmi vysoká (přímořská)

- Přímořské prostředí s vysokou salinitou

V praxi pro přepravu hřidel se setkáváme především se třemi hlavními korozními prostředími. Zajímají nás primárně oblasti pouští anebo deštných pralesů. Velká část hřidel pro vodní elektrárny jsou expedovány do zemí Jižní Ameriky, kde náklad musí překonat jak oceán, tak i oblasti deštných pralesů na území jihoamerického kontinentu. Tyto přepravní cesty mají největší nároky jak na ochranu proti korozi, tak i správný způsob balení, protože zboží se musí často překládat z jednoho dopravního prostředku na druhý. Oblasti tří hlavních klimatických pásem je znázorněno na obrázku číslo 1.



Obr. č. 1: Schéma korozních prostředí

2 Nové trendy v technologii zámořského balení

U exportního balení pro kusovou výrobu se setkáváme s výrobou přepravních obalů na míru. Musíme přitom skloubit tři hlavní parametry. Jedná se o konstrukci obalu, antikorozi ochranu přepravovaného výrobku a způsob fixace aby se přepravované zboží manipulací nepoškodilo. Roli při výběru pak hrají zejména klimatické podmínky míst přepravy, zvláštní předpisy tranzitních zemí, a zda půjde o přepravu leteckou, lodní, vlakovou, kamionovou, nebo nejčastěji kombinovanou.

Při transportu a skladování je nutné chránit výrobek před mechanickým poškozením a vlivy okolního prostředí. Před mechanickým poškozením chrání výrobky bedny, ohradové i standardní palety, přepravní klece, kontejnery a různé speciální přípravky. [15]

Než začneme exportovaný produkt chránit před korozi, je nejdůležitější operací povrch v místě konzervace řádně očistit, oprášit a zbavit mastnot. Používají se různé druhy rozpouštědel, olejů a tryskacích metod. Samotný výrobek, jehož chránění je prvotní, se konzervujeme oleji, dále se nanáší vrstva Tectylu 506 EH a papír, materiál se obalí do vakuových (hliníkových) pytlů a následně se odsaje vzduch. Další ochrana je pomocí PE fólií překrytých Lamiflexem. Dle požadavků zákazníka se takto chráněný produkt uloží do bedny, kontejneru, nebo do na míru vyrobeného podstavce ze dřeva, kovu nebo jejich kombinaci. [2, 3, 4, 15]

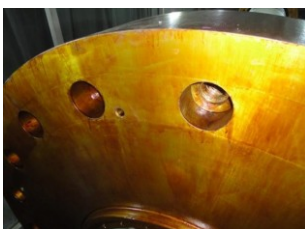
U exportního balení pro kusovou výrobu velkých turbínových hřídelí (hmotnost nad 10 tun) se setkáváme s výrobou přepravních obalů na míru. Musíme přitom skloubit tři hlavní parametry. Jedná se o konstrukci obalu, antikorozi ochranu přepravovaného výrobku a způsob fixace aby se přepravované zboží manipulací nepoškodilo a nakládka či manipulace byla co nejjednodušší. Roli při výrobě takového kontejneru pak hrají zejména klimatické podmínky míst přepravy, zvláštní předpisy tranzitních zemí, a zda půjde o přepravu leteckou, lodní či vlakovou a kamionovou. Hlavním ukazatelem je poté čas trávený ve skladech nebo na staveništi, způsob přepravy, a zda se jedná o opracování hrubované nebo finální. [2, 3, 4, 15]

2.1 Konzervace hřídelí olejem (Konkor 103)

Konzervace pouze olejem se řadí mezi podprůměrné a používá se především při konzervaci hrubovaných výrobků a polotovarů, kde počítáme po doručení s následným úběrem materiálu. Konzervační olej se používá nejčastěji ropný olej Konkor 103, který brání vzniku koroze jen po velmi krátkou dobu. Pro větší odolnost proti působení vnějších vlivů se musí olej kombinovat s dalšími ochrannými prostředky a stává se tak pouze základní složkou celého ochranného systému. Použití oleje jako konzervace, se používá výhradně pro přepravu po souši.

2.2 Konzervace hřídelí Tectylem 506 EH (Valvoline)

Jedná se o mnohovrstvý rozpouštěcí antikorozi prostředek na voskové bázi. Vytváří na povrchu ochranný tmavohnědý průhledný a pevný film. Používá se především pro ochranu strojních součástí jak v krytých tak i venkovních prostorách při všech druzích přepravy. Způsob nanesení může být štětcem, stříkáním i namáčením. po aplikaci se musí nechat zaschnout na vzduchu nebo ve vysoušecích pecích. Po určité době (záleží na velikosti aplikované vrstvy) sám odpadne, nebo se odstraňuje tlakem horké páry, minerálním lihem, nebo podobnými rozpouštědly. Doporučuje se nanášet ve dvou vrstvách, kdy každá vrstva má mít tloušťku minimálně 25 μ m. Aplikace druhé vrstvy nesmí být nanášena dříve, než za 24 hodin. Z důvodů lepkavého povrchu Tectylu se přikládá po zaschnutí na dotykové plochy speciální papír. [15]



Obr. č. 2: Ukázka ochrany tectylem na přírubě hřídele



Obr. č. 3: Ukázka ochrany balicím papírem na vrstvu tectylu

2.3 Balení hřidelí do hliníkové fólie

Slouží jako bariérový obal, který nepropustí vlhkost, prach, agresivní plyny, aerosoly, kyseliny a zásady. Funguje na principu balení do fólie a následného vysátí vzduchu. Převážovaný materiál je tak uchován v suchu a stálé teplotě po celou dobu skladování i přepravy. Používá se jako střední část ochrany mezi povlakem a ochranou před mechanickým poškozením. [15]



Obr. č. 4: Ukázka ochrany hliníkovou fólií

2.4 Ochranné balené do PE fólie

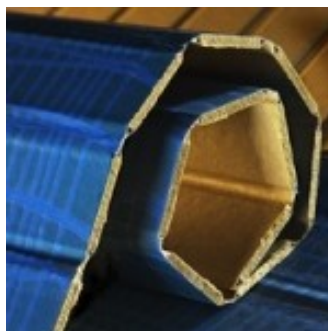
Tento druh fólie slouží především jako ochrana před protrhnutím hliníkového vakuového balení. Ke hřideli se běžně fixuje pomocí samolepící pásky a tvoří tak mezivrstvu před balením do lamiflexu.



Obr. č. 5: Ukázka ochrany PE fólií [17]

2.5 Balení hřidelí do Lamiflexu

Je to speciální balicí materiál složený z vláken různé tvrdosti, které jsou oboustranně spojeny speciálním laminátovým papírem a fólií s vysokou pevností. Používá se jako ochrana před mechanickým poškozením fólie.



Obr. č. 6: Ukázka balicího materiálu lamiflex [16]

2.6 Ochrana hřidelí dřevěným latěním

Latění je poslední ochrana, která zamezuje mechanickému poškození jak hřídele, nebo jiného přepravovaného produktu, tak i porušení samotné konzervace Tectylu a ostatních ochranných prvků. Používá se především pro finálně opracované plochy. Může být nahrazeno dřevěnou bednou, nebo přepravním kontejnerem.



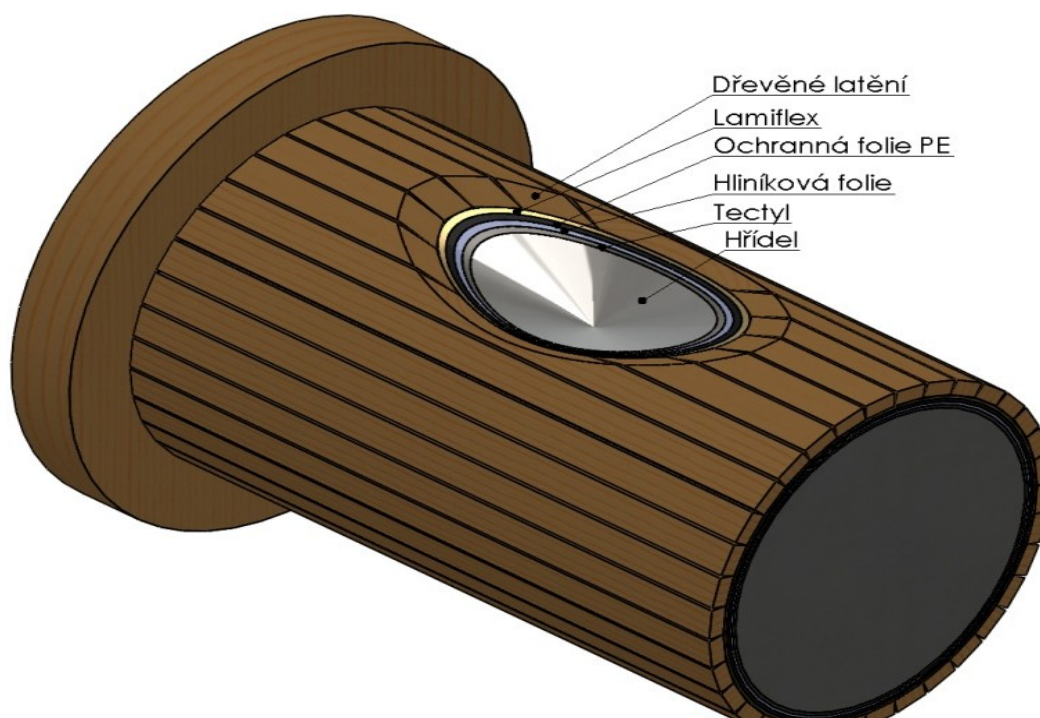
Obr. č. 7: Ukázka ochrany dřevěným latěním

2.7 Čidla

Uvnitř balení (dřevěné bedny) se často umisťují čidla, která při následném otevření obalu ukáže, jaká byla při transportu vlhkost a jaké otřesy a naklopení náklad absolvoval. [10]

2.8 Vysoušedla

Vysoušecí prostředky uvnitř hermeticky uzavřeného obalu snižuje relativní vlhkost a tím chrání před korozí, zvlhnutí a plísní. Izolují od vnější atmosféry. Vysoušedla se vyrábí ve formě sáčků s vysoce aktivními vysoušecími látkami. [2, 3, 15]



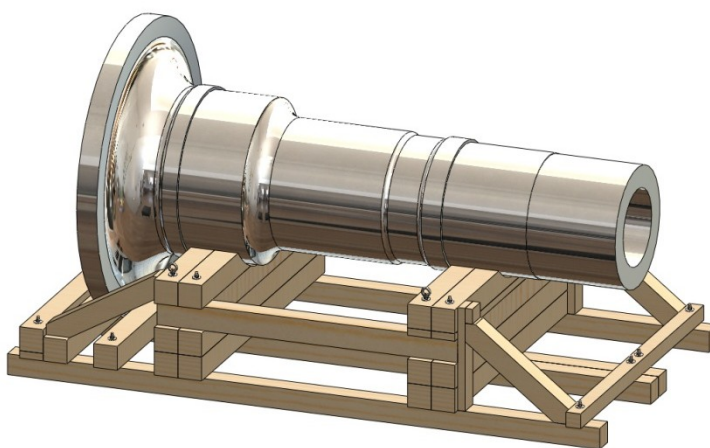
Obr. č. 8: Schéma konzervace hřídele pro přepravu po moři

3 Dělení obalů pro turbínové hřídele

Při navrhování obalu pro přepravu Turbínových hřídelí hraje největší roli hmotnost hřídele, na druhém místě cílová destinace a v neposlední řadě opracování daného kusu. Pokud přepravujeme výrobek pouze v rámci několika kilometrů, není zapotřebí žádná speciální korozní ochrana. Použijeme pouze obal na přepravu. Pokud ale materiál bude absolvovat větší vzdálenost, použijeme způsob balení vhodný jak proti korozi, tak i pro samotný transport. Při přepravování hrubovaných kusů nemusíme tolik zabezpečovat korozní odolnost, neboť materiál bude ještě odebírán. V těchto případech se musíme soustředit hlavně na přepravní bezpečnost a komfort. Základním milníkem pro obaly se tak stává samotná váha produktu. Mění se tak způsob balení v závislosti na hmotnosti výrobku, ale ochrana proti korozi je stejná, nebo velmi podobná.

3.1 Podstavce pro hřídele o hmotnosti do 10 tun

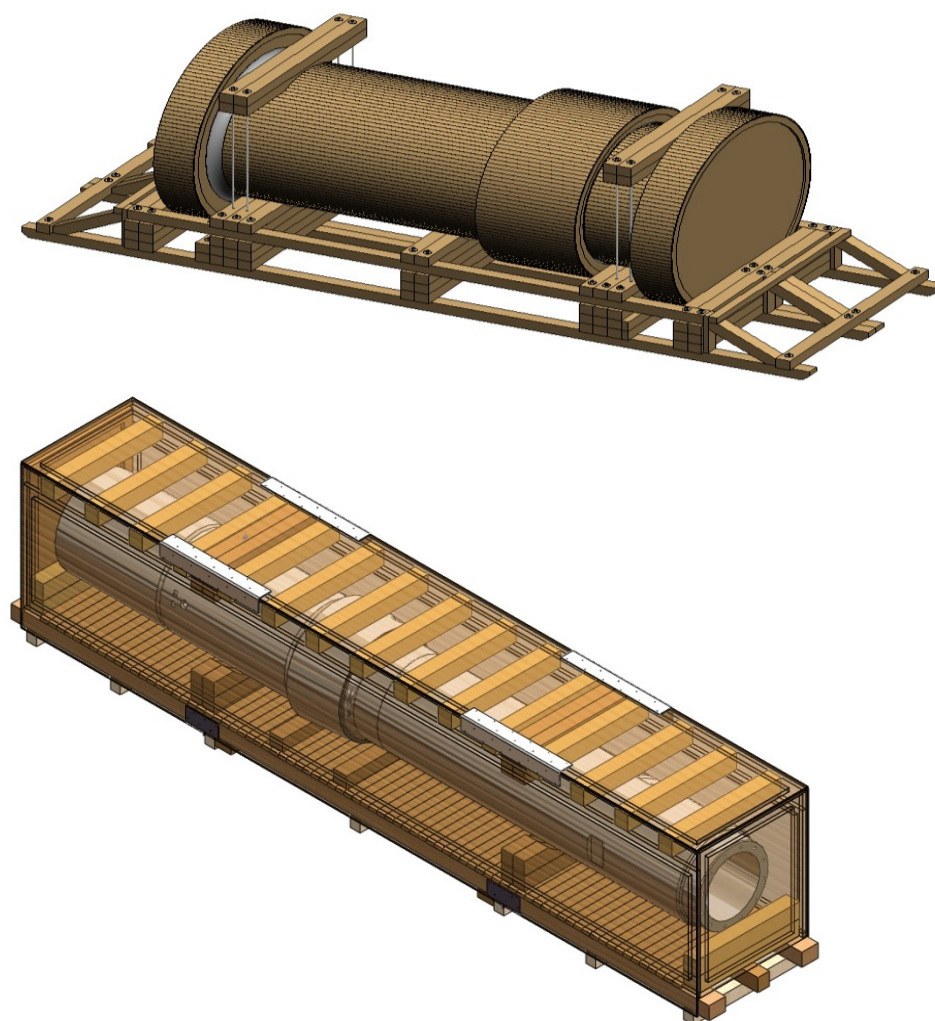
Hrubované hřídele se umisťují především na dřevěnou podlahu - podstavec, pouze se zaklínují a zakryjí plachtou. Při přepravě po moři se pak použije stejný způsob jako pro finálně opracované kusy. Paleta popřípadě dřevěná bedna vyztužená hranoly se sedly, do kterých se hřídel usadí. Boky palety se mohou, ale nemusí být chráněny. Zvedání se provádí buď za podstavec bedny či palety, nebo za kus samotný.



Obr. č. 9: Hřídel – hmotnost do 10 tun

3.2 Podstavce pro hřídele o hmotnosti do 50 tun

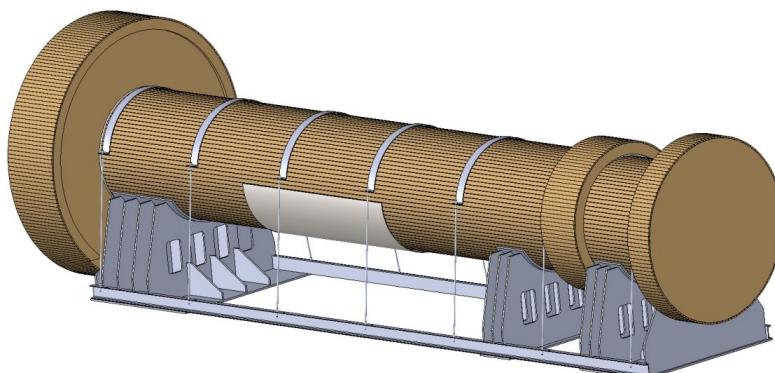
Hřídele uložené jak na dřevěném podstavci, tak v bedně se musí zabezpečit více proti působícím silám, které působí z vnějšku při transportu a při překládce. Používají se kovové vzpěry a výztuže. Důležité je rozlišit zvedání za obal nebo za vlastní hřídel. Podle toho musí být přizpůsobena závěsná oka, nebo styčná plocha na hřídeli. Výhoda převozu za hřídel je ta, že kdyby se při překládce na loď vyskytl problém a přepravní obal nebyl dobře zhotoven, hřídel zůstane stále připoutána k jeřábu, přitom bedna, paleta, nebo kontejner by směřoval k zemi či do moře. Naopak při nehodě kamionu, hřídel uvnitř uzavřeného obalu mnohonásobně lépe chráněna proti nárazu.



Obr. č. 10: Hřídele – hmotnost do 50 tun

3.3 Podstavce pro hřídele o hmotnosti do 100 tun

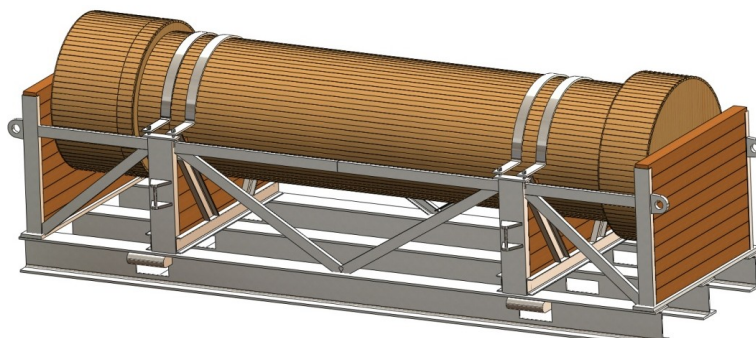
Manipulace hřídelí se realizuje pouze za železný podstavec, který je konstruován na míru hřídeli. Jedná se vesměs o jednorázový obal, protože hřídele těchto hmotností se používají pro každou elektrárnu s originálním designem. Náročnost a náklady na samotnou výrobu podstavce jsou vysoké. Svářečské práce podléhají vysokým kontrolám a světové společnosti si výrobu těchto podstavců hlídají stejně přísně jako výrobu samotných hřídelí.



Obr. č. 11: Hřídel – hmotnost do 100 tun

3.4 Podstavce pro hřídele o hmotnosti nad 100 tun

Tento druh Turbínových hřídelí je výjimečný. Ve světě se jich vyrobí za rok jen necelá desítka kusů. Velká hmotnost způsobuje problémy, jak při nakládce, přepravě tak i manipulaci. Hřídel proto musí být chráněna v maximální míře a tomu slouží speciálně vyvinuté železné podstavce s mnoha místy na uchycení pro zvedání, posouvání a upevnění. Hřídele jsou uloženy mezi kombinovanými sedly. Spodní sedlo je dřevěné opatřené gumovým potahem a z horní části je kovová otevírací část pro uzamčení šrouby. Manipulace za hřídel je k velké hmotnosti zakázána, používají se pouze závěsná oka a tyče.



Obr. č. 12: Hřídel – hmotnost nad 100 tun

4 Metodika experimentálních prací

Příprava experimentálních vzorků

- Úprava vzorků tryskáním
- Značení vzorků

Hodnocení povrchu materiálu

- Čistota povrchu podkladového materiálu dle ČSN EN ISO 8501-1 (vizuálně)
- Prašnost povrchu dle ČSN ISO 8502-3 (samolepící páskou)
- Stanovení drsnosti povrchu podkladového materiálu dle ČSN EN ISO 4287 (drsnoměrem Mitutoyo Surftest – 301)

Aplikace Tectylu 506 EH

- Nanášení štětcem
- Stanovení tloušťky suché vrstvy Tectylu dle ČSN EN ISO 2808 (Elcometrem)

Zkoušky přilnavosti antikorozního systému

- Mřížková zkouška přilnavosti dle ČSN EN ISO 16276-2
- Křížový řez dle ČSN EN ISO 16276-2

Korozní zkouška v solné korozní komoře dle ČSN EN ISO 9227

- Fotodokumentace
- Vyhodnocení zkoušky dle ČSN EN ISO 4628 (simulující období jednoho roku)

5 Popis experimentálních prací

5.1 Příprava experimentálních vzorků

Jako podkladový materiál byla pro experimentální zkoušky použita ocel ASTM A 668 cl F (příloha č. 1), dodána firmou VÍTKOVICE a.s. Tento typ oceli se používá pro výrobu turbínových hřídelí svařovaných i kovaných jako monoblok. Vzorky byly zhotoveny na rozměry: 150 x 100 x 3 mm.

Tab. č. 1: Chemické složení experimentálního materiálu – ASTM A 668 cl F v procentech

Prvek	Mn	P	S
Obsah [%]	max 1,35	max 0,05	max 0,05

Tab. č. 2: Mechanické vlastnosti experimentálního materiálu – ASTM A 668 cl F

Mez kluzu Re [MPa]	Mez pevnosti v tahu Rm [MPa]	Tažnost A5 [%]
330 - 380	565 - 620	19 - 20

5.1.1 Úprava vzorků Tryskáním

Vzorky byly očištěny od nečistot a rzi ve společnosti VÍTKOVICE POWER ENGINEERING a.s., ručním tryskacím zařízením KM 100. Tryskací médium byl použit korund. Vzorky byly otryskány na stupeň přípravy povrchu Sa 2 ½.

5.1.2 Značení vzorků

Vzorky byly označeny písmeny pro rozlišení vzorků s řezem a bez něj, popřípadě vzorky chráněné folií a bez fólie. Dále jsou rozděleny číslem, které značí počet vrstev nanesení tectylu (tab. č. 3).

Tab. č. 3: Značení vzorků

Značka	Popis vzorků
T _{1a}	1 vrstva Tectylu – bez řezu – s fólií
T _{1b}	1 vrstva Tectylu – s řezem – s fólií
T _{1c}	1 vrstva Tectylu – s řezem – s porušenou fólií
T _{1d}	1 vrstva Tectylu – bez řezu – s porušenou fólií
T _{1e}	1 vrstva Tectylu – bez řezu – bez fólie
T _{1f}	1 vrstva Tectylu – s řezem – bez fólie
T _{2a}	2 vrstvy Tectylu – bez řezu – s fólií
T _{2b}	2 vrstvy Tectylu – s řezem – s fólií
T _{2c}	2 vrstvy Tectylu – bez řezu – s porušenou fólií
T _{2d}	2 vrstvy Tectylu – s řezem – s porušenou fólií
T _{2e}	2 vrstvy Tectylu – s řezem – bez fólie
T _{2f}	2 vrstvy Tectylu – bez řezu – bez fólie
RT ₁	1 vrstva Tectylu – referenční vzorek
RT ₂	2 vrstvy Tectylu – referenční vzorek
Rot	Tryskaný – referenční vzorek

5.2 Hodnocení povrchu materiálu

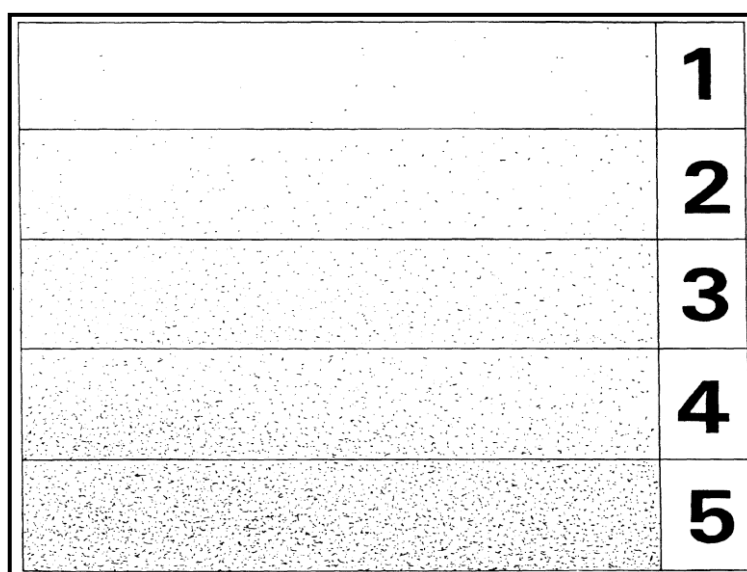
5.2.1 Čistota povrchu podkladového materiálu dle ČSN EN ISO 8501-1 a zaprášení povrchu dle ČSN ISO 8502-3

Před aplikací tectylu byla na povrchu vzorků určena čistota povrchu dle normy ČSN EN ISO 8501-1. Na základě vizuální kontroly byl stanoven stupeň čistoty povrchu podkladového materiálu Sa2.

Stupeň zaprášení povrchu materiálu byl určen dle normy ČSN ISO 8502-3. Byla použita adhezní samolepící páska o délce cca 200 mm. Páska byla na povrch materiálu přitlačena a následně sejmuta pod úhlem 180°. Pro zřetelnější vyhodnocení množství prachových částic byla samolepící páska nalepena na kontrastní podkladový materiál - papír, kde byl dle normy ČSN ISO 8502-3 stanoven stupeň zaprášenosti tryskaných vzorků 3 (obr. č. 11). Třída velikosti prachových částic, které ulpěly na pásce byla stanovena na 2-3. (tab. č. 4).

Tab. č. 4: Třídy velikosti prachových částic dle ISO 8502-3

Třída	Popis prachových částic
0	Částice neviditelné při zvětšení 10x
1	Částice viditelné při zvětšení 10x, ale ne prostým okem (obvykle částice menší než 50 μm v průměru)
2	Částice již viditelné prostým okem (obvykle částice mezi 50 μm a 100 μm v průměru)
3	Částice jasně viditelné prostým okem (částice do 0,5 mm v průměru)
4	Částice mezi 0,5 mm až 2,5 mm v průměru
5	Částice větší než 2,5 mm v průměru



Obr. č. 12: Obrazová stupnice odpovídající množství prachu dle ČSN ISO 8502-3

Tab. č. 5: Čistota povrchu dle ČSN EN ISO 8501-1 a zaprášení povrchu dle ČSN ISO 8502-2 vzorku Rot

Měření	Stupeň	Třída
1	3	2
2	3	2
3	3	3
4	3	3
5	3	2
6	3	3

5.2.2 Stanovení drsnosti podkladového materiálu dle ČSN EN ISO 4287

Dle normy ČSN EN ISO 4287, bylo před aplikací tectylu na povrch vzorků provedeno měření drsnosti povrchu. Pro měření byl použit drsnoměr Mitutoyo Surftest SJ-301 (obr. č. 13). Tento měřicí přístroj pro měření drsnosti povrchu typu stylus, je schopen hodnotit povrchové textury s nejrůznějšími parametry. Naměřené výsledky přístroj zobrazí digitálně/graficky na dotykovém panelu a výstup vytiskne. Na vzorcích bylo provedeno 10x měření drsnosti povrchu v různých místech. Hodnoty byly zaznamenány do tabulky č. 7 a 8, kde byla vypočtena průměrná hodnota. Jelikož bylo použito stejného tryskacího média pro všechny vzorky, předpokládá se stejná hodnota drsnosti povrchu u všech tryskaných vzorků. Drsnost se měřila pouze na referenčním vzorku.



Obr. č. 13: Drsnoměr Mitutoyo Surftest SJ - 301

Tab. č. 6: Nastavení drsnoměru Mitutoyo Surftest SJ 301

Nastavení přístroje – měření dle ISO 1997			
Standard	ISO 1997	l	12,5 mm
Profile	R	λ_c	2,5 mm
Range	AUTO	Filter	GAUSS

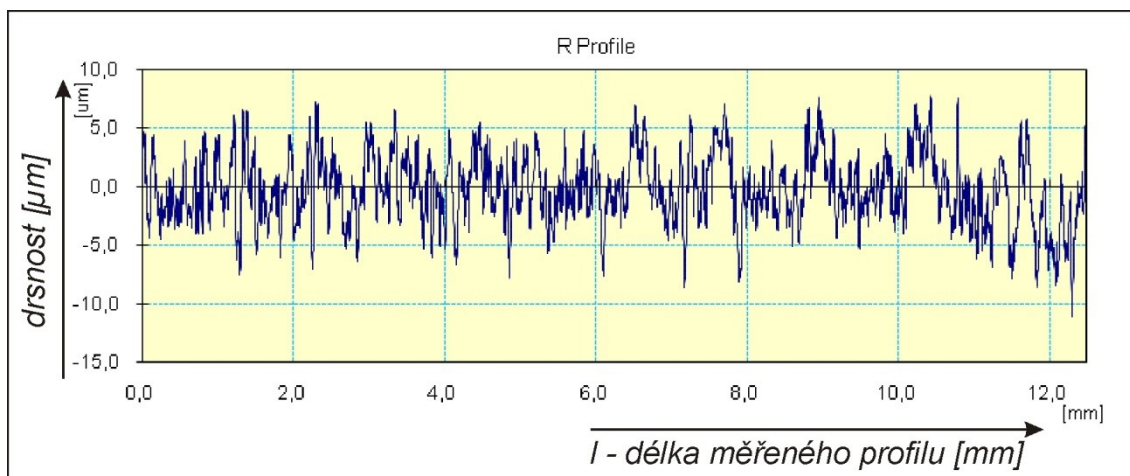
Tab. č. 7: Hodnoty drsnosti povrchu referenčního otryskaného vzorku Rot (podélný směr)

Měření	Drsnosti povrchu vzorku Rot (podélný směr)							
	Ra [μm]	Rz [μm]	Rq [μm]	Rp [μm]	Rv [μm]	Rsk [-]	Rku [-]	Rlo [-]
1	2,15	15,92	2,75	12,21	9,52	-0,71	3,57	2,561
2	3,25	20,12	4,53	13,00	17,12	-0,50	4,46	2,562
3	2,75	17,63	3,40	6,74	10,89	-0,65	3,62	2,563
4	2,41	20,52	3,19	9,34	11,17	-0,17	4,87	2,579
5	3,13	18,59	3,63	8,89	9,70	-0,20	2,22	2,569
6	2,32	17,00	3,00	8,72	8,28	0,24	3,25	2,578
7	2,64	16,92	3,20	7,46	9,45	-0,36	2,88	2,555
8	2,58	17,91	3,21	9,07	8,84	0,13	3,23	2,571
9	2,13	16,19	2,62	6,88	9,31	0,07	3,14	2,571
10	2,38	15,87	2,95	7,21	8,66	-0,17	2,77	2,579
Ø [μm]	2,57	17,67	3,25	8,95	10,29	-0,23	3,40	2,57

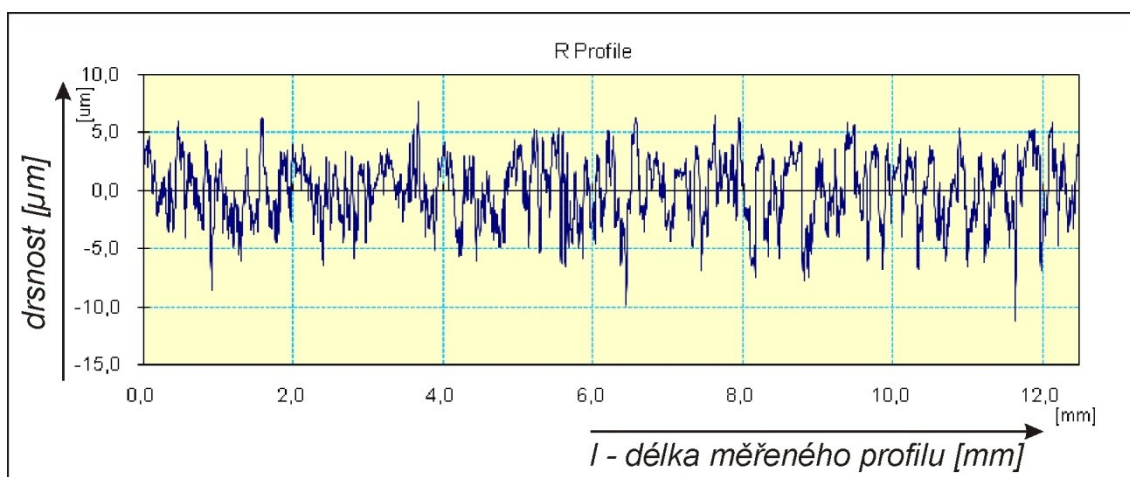
Tab. č. 8: Hodnoty drsnosti povrchu referenčního otryskaného vzorku Rot (příčný směr)

Měření	Drsnosti povrchu vzorku Rot (příčný směr)							
	Ra [μm]	Rz [μm]	Rq [μm]	Rp [μm]	Rv [μm]	Rsk [-]	Rku [-]	Rlo [-]
1	2,40	17,36	2,97	7,84	9,52	0,06	2,88	2,576
2	2,16	16,45	2,72	6,53	9,91	-0,63	3,67	2,567
3	2,84	20,24	3,50	9,08	11,16	-0,12	3,02	2,569
4	2,82	16,04	3,47	8,11	8,43	-0,08	2,49	2,572
5	3,33	29,13	4,44	11,87	17,26	-0,25	5,55	2,575
6	2,22	16,71	2,81	8,73	7,98	0,20	3,16	2,581
7	2,76	18,59	3,34	8,67	9,92	0,18	2,76	2,575
8	2,35	17,85	3,07	5,80	12,05	-0,99	4,85	2,565
9	2,69	15,20	3,32	8,83	9,67	-0,07	2,83	2,575
10	2,28	15,20	2,73	6,48	8,72	-0,20	2,57	2,570
Ø [μm]	2,58	18,28	3,24	8,19	10,46	-0,19	3,38	2,31

- Ra – průměrná aritmetická úchylka posuzovaného profilu [μm]
- Rz – maximální výška profilu [μm]
- Rq – kořenová průměrná čtvereční odchylka profilu [μm]
- Rp – největší výška výstupku profilu [μm]
- Ry – největší hloubka prohlubně profilu [μm]
- Rsk – šikmost posuzovaného profilu (součinitel asymetrie) [μm]
- Rku – špičatost posuzovaného profilu [μm]



Obr. č. 14: Grafický záznam profilu drsnosti vzorku Rot v podélném směru z přístroje Mitutoyo Surftest SJ-301



Obr. č. 15: Grafický záznam profilu drsnosti vzorku Rot v příčném směru z přístroje Mitutoyo Surftest SJ-301

5.1 Aplikace Tectylu 506 EH

Rozpouštěcí antikorozi prostředek Tectyl 506 EH (Valvoline) byl nanesen plochým štětcem na otryskaný povrch materiálu, který nebyl ve styku s mastnotami. Na polovinu vzorků byl nanesen v jedné vrstvě a na druhou polovinu ve dvou vrstvách. Každá vrstva měla dle předpisu minimální tloušťku mokré vrstvy $20 \div 30 \mu\text{m}$. Aplikace druhé vrstvy nastala po vytvrzení první – po 24 hodinách.

5.1.1 Stanovení tloušťky suché vrstvy tectylu dle ČSN EN ISO 2808

Po zaschnutí tectylu – více než jeden den, bylo provedeno kontrolní měření tloušťky suché vrstvy. Pro vyhodnocení byl použit nedestruktivní postup pro stanovení tloušťky vrstvy nemagnetických povlaků na magnetických kovových podkladech (magnetický způsob). Přístroj pro měření byl použit Elcometr 456 (viz. obr. 16). Bylo provedeno 10 měření na referenčních vzorcích s jednou a dvěma vrstvami tectylu před a po korozní zkoušce v solné komoře (viz. tab. 9 a 10).



Obr. č. 16: Digitální tloušťkoměr Elcometr 456 (rozsah 0-1500 μm)

Tab. č. 9: Tloušťka vrstvy tectylu před vložením do solné komory

Měření	Tloušťka vrstvy tectylu před expozicí v solné komoře	
	RT ₁ [μm]	RT ₂ [μm]
1	86	255
2	84	235
3	89	227
4	64	232
5	75	230
6	90	245
7	91	251
8	69	238
9	81	241
10	84	235
Ø [μm]	81,3	238,9

Tab. č. 10: Tloušťka vrstvy tectylu po 72 hodinách v solné komoře

Měření	Tloušťka vrstvy tectylu po expozici v solné komoře	
	RT ₁ [μm]	RT ₂ [μm]
1	66	219
2	41	188
3	66	230
4	61	254
5	56	234
6	72	262
7	68	113
8	74	262
9	73	196
10	68	226
Ø [μm]	64,5	228,4

5.2 Zkoušky přilnavosti antikorozního systému







5.2.1 Zkouška přilnavosti mřížkovou metodou dle ČSN ISO 16276-2

Touto zkušební metodou byla určena přilnavost tectylu k podkladovému materiálu. Řezným nástrojem se do tectylu provedlo šest rovnoběžných řezů ve dvou na sebe kolmých směrech, tak aby řezy pronikly až na základní materiál. Měkkým štětcem se lehce očistil povrch vytvořené mřížky. Následně se důkladně přilepila samolepící páska, která byla po chvíli strhnuta přibližně pod úhlem 60° a nalepena na kontrastní podklad pro vizuální vyhodnocení zkoušky. Klasifikace byla provedena dle normy ČSN ISO 1627-2.

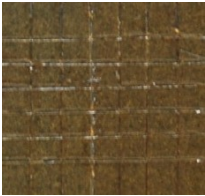

Pomůcky a prostředky k provedení zkoušky:

- Vodící šablona na mřížkovou zkoušku
- Řezný nástroj
- Lupa
- Štěteček
- Průhledná samolepící páska šířky 50 mm



Tab. č. 11: Klasifikace zkušebních výsledků mřížkové zkoušky [8]

Klasifikace	Popis	Schéma
0	Řezy jsou zcela hladké, žádný čtverec není poškozen	
1	Nepatrné poškození v místech, kde se řezy kříží. Poškozená plocha nesmí přesahovat 5 %	
2	Nátěr je nepatrně poškozen podél řezů a při jejich křížení. Povrch mřížky smí být poškozen o více než 5% a méně než 15% celkové plochy	
3	Nátěr je částečně poškozen v rozích řezů, podél řezných hran částečně, nebo celý, na různých místech mřížky. Poškození mřížky je větší než 15%, ale menší než 35%.	
4	Na nátěru jsou velké změny v rozích řezů a některé čtverečky jsou částečně nebo zcela poškozeny. Plocha mřížky je poškozena z více jak 35%, ale méně než z 65%.	
5	Změny, které jsou větší než u stupně 4 (více než 65%)	

Tab. č. 12: Mřížková zkouška přilnavosti na vzorku s jednou vrstvou tectylu

1 vrstva tectylu			
Měření	Stupeň poškození plochy	Klasifikace	Fotodokumentace
1	0	0	
2	0		







Tab. č. 13: Mřížková zkouška přilnavosti na vzorku s dvěma vrstvami tectylu

2 vrstvy tectylu			
Měření	Stupeň poškození plochy	Klasifikace	Fotodokumentace
1	0	0	
2	0		



5.2.2 Zkouška přilnavosti křížového řezu dle ČSN ISO 16276-2

Touto zkušební metodou byly do vzorků vytvořeny řezným nástrojem řezy ve tvaru „X“ tak, aby byla určena přilnavost tectylu k podkladovému materiálu. Zkouška byla vizuálně vyhodnocena. Klasifikace byla provedena dle normy ČSN ISO 1627-2.



Tab. č. 14: Klasifikace zkušebních výsledků zkoušky přilnavosti křížového řezu [8]

 <p>Stupeň 0 Žádné odlupování nebo odpadávající nátěr.</p>	 <p>Stupeň 1 Velmi malé odlupování podél řezů nebo v jejich průsečíku.</p>
 <p>Stupeň 2 Roztřepené odlupy podél řezů, v rozsahu maximálně 1,5 mm na každé straně.</p>	 <p>Stupeň 3 Roztřepené odlupy podél téměř celé délky řezů, v rozsahu maximálně 3,0 mm na obou stranách.</p>
 <p>Stupeň 4 Odpadávající nátěr z většiny plochy křížového řezu pod lepicí páskou.</p>	 <p>Stupeň 5 Odpadávající nátěr v ploše mimo křížový řez.</p>

Tab. č. 15: Zkouška přilnavosti křížového řezu na vzorku s jednou vrstvou tectylu

1 vrstva tectylu			
Měření	Stupeň poškození plochy	Klasifikace	Fotodokumentace
1	0	0	
2	0		

Tab. č. 16: Zkouška přilnavosti křížového řezu na vzorku s dvěma vrstvami tectylu

2 vrstvy tectylu			
Měření	Stupeň poškození plochy	Klasifikace	Fotodokumentace
1	0	0	
2	0		

5.3 Korozní zkouška v solné komoře dle ČSN EN ISO 9227

Zkouška korozní odolnosti byla provedena v solné korozní komoře LIEBISCH S400 M-TR. V korozní komoře byly vzorky vystaveny solné mlze za zvýšené teploty. Vyhodnocení vzorků bylo provedeno dle normy ČSN EN ISO 4628-1 až 8. Zkouška v solné korozní komoře nejvíce simuluje prostředí, které hřídele musí absolvovat při přepravě po moři.

Do solné komory bylo vloženo celkem 12 vzorků s aplikovanými vrstvami Tectylu. Polovina vzorků měla aplikovanou jednu a druhá polovina dvě vrstvy tectylu. Na předem vyčleněné vzorky byl řezným nástrojem vytvořen svislý řez o délce 70 mm s hloubkou řezu na základní materiál. Další část vzorků byla zabalena do fólie pro simulaci vakuového balení. Před vložením vzorků do korozní komory, byly tyto vzorky označeny a jejich okraje byly oblepeny samolepící páskou, aby se zabránilo primárnímu vzniku koroze, která vzniká v těchto místech (tab. č. 3).

Hřídele pro zámořský transport bývají většinou zabaleny ještě po doručení na místo stavby vodního díla, kde zůstávají skladovány až do doby instalace celé turbíny. Proto konzervace musí zabránit vzniku koroze v delším období, než je samotný čas transportu. Nikdy ale tato doba nepřekročí délku jednoho roku, proto korozní zkouška trvala 72 hodin, což v přepočtu odpovídá 1 roku (tab. 17).

Provozní podmínky solné komory:

- Tlak vody 2,5 až 3 bar
- Tlak vzduchu 3 až 4 bar
- Průtok vody 0,45l/hod
- Teplota navlhčovače 55°C
- Teplota prostředí 35 ± 2 °C
- Vlhkost 100 %
- Solná mlha – 5 % neutrální vodní roztok NaCl

Tab. č. 17: Návrh výpočtu korozní odolnosti

Simulovaná doba v korozní komoře	Skutečná doba
6h	cca 1 měsíc
72h	cca 1 rok
720h	cca 10 let

5.3.1 Fotodokumentace vzorků před vložením do korozní komory

- 1 vrstva tectylu



Obr. č.17: Vzorek T1a



Obr. č. 18: Vzorek T1b



Obr. č. 19: Vzorek T1c



Obr. č. 20: Vzorek T1d



Obr. č. 21: Vzorek T1e



Obr. č. 22: Vzorek T1f

- 2 vrstvy tectylu



Obr. č. 23: Vzorek T2a



Obr. č. 24: Vzorek T2b



Obr. č. 25: Vzorek T2c



Obr. č. 26: Vzorek T2d



Obr. č. 27: Vzorek T2e



Obr. č. 28: Vzorek T2f

5.3.2 Fotodokumentace vzorků po 72 hodinách v korozní komoře

- 1 vrstva tectylu



Obr. č. 29: Vzorek T1a (2)



Obr. č. 30: Vzorek T1b (2)



Obr. č. 31: Vzorek T1c (2)



Obr. č. 32: Vzorek T1d (2)



Obr. 33 Vzorek T1e (2)



Obr. 34 Vzorek T1f (2)

- 2 vrstvy tectylu



Obr. č. 35: Vzorek T2a (2)



Obr. č. 36: Vzorek T2b (2)



Obr. č. 37 Vzorek T2c (2)



Obr. č. 38: Vzorek T2d (2)



Obr. č. 39: Vzorek T2e (2)



Obr. č. 40: Vzorek T2f (2)

5.3.3 Vyhodnocení zkoušky dle ČSN EN ISO 4628 (degradace tectylu)

Tab. č. 18: Vyhodnocení degradace tectylu – 0 hodin expozice v solné komoře

Vzorek	Vyhodnocení degradace tectylu dle ČSN EN ISO 4628 (0 hodin expozice v solné komoře)		
	Stupeň puchýřkování	Stupeň prorézavění	Intenzita změn
T1a	0 (S0)	Ri0 (S0)	0
T1b	0 (S0)	Ri0 (S0)	0
T1c	0 (S0)	Ri0 (S0)	0
T1d	0 (S0)	Ri0 (S0)	0
T1e	0 (S0)	Ri0 (S0)	0
T1f	0 (S0)	Ri0 (S0)	0
T2a	0 (S0)	Ri0 (S0)	0
T2b	0 (S0)	Ri0 (S0)	0
T2c	0 (S0)	Ri0 (S0)	0
T2d	0 (S0)	Ri0 (S0)	0
T2e	0 (S0)	Ri0 (S0)	0
T2f	0 (S0)	Ri0 (S0)	0

Tab. č. 19: Vyhodnocení degradace tectylu – 8 hodin expozice v solné komoře

Vzorek	Vyhodnocení degradace tectylu dle ČSN EN ISO 4628 (8 hodin expozice v solné komoře)		
	Stupeň puchýřkování	Stupeň prorézavění	Intenzita změn
T1a	0 (S0)	Ri0 (S0)	0
T1b	0 (S0)	Ri0 (S0)	0
T1c	2 (S2)	Ri0 (S0)	2
T1d	2 (S2)	Ri0 (S0)	2
T1e	0 (S1)	Ri0 (S0)	1
T1f	2 (S3)	Ri0 (S0)	3
T2a	0 (S0)	Ri0 (S0)	0
T2b	0 (S0)	Ri0 (S0)	0
T2c	2 (S2)	Ri0 (S0)	2
T2d	2 (S2)	Ri0 (S0)	2
T2e	0 (S1)	Ri0 (S0)	1
T2f	2 (S3)	Ri0 (S0)	3

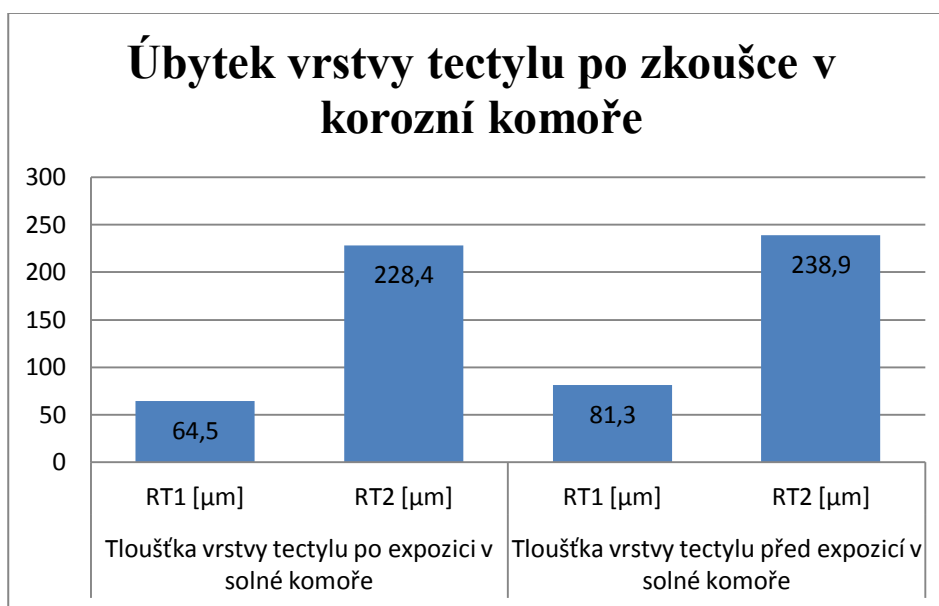
Tab. č. 20: Vyhodnocení degradace tectylu – 72 hodin expozice v solné komoře

Vzorek	Vyhodnocení degradace tectylu dle ČSN EN ISO 4628 (72 hodin expozice v solné komoře)		
	Stupeň puchýřkování	Stupeň prorézavění	Intenzita změn
T1a	3 (S2)	Ri0 (S0)	3
T1b	3 (S2)	Ri0 (S0)	3
T1c	4 (S3)	Ri0 (S0)	4
T1d	4 (S3)	Ri0 (S0)	4
T1e	5 (S5)	Ri0 (S0)	5
T1f	5 (S5)	Ri0 (S0)	5
T2a	3 (S2)	Ri0 (S0)	2
T2b	3 (S2)	Ri0 (S0)	2
T2c	4 (S3)	Ri0 (S0)	3
T2d	4 (S3)	Ri0 (S0)	3
T2e	4 (S3)	Ri0 (S0)	4
T2f	4 (S3)	Ri0 (S0)	4

6 Hodnocení experimentálních zkoušek

6.1 Zhodnocení změny tloušťky vrstev tectylu

Z měření a vyhodnocení v tab. č. 9 a č. 10 bylo zjištěno, že v průměru se vrstva tectylu snížila o 16,8 μm u vzorků s jednou vrstvou tectylu a o 10,5 μm u vzorků se dvěma vrstvami. Z těchto výsledků vyplývá, že tectyl téměř dvojnásobně lépe odolává korozi, když je jeho vrstva dvakrát větší. Grafické vyhodnocení je vyneseno do grafu č. 1.



Graf. č. 1: Úbytek vrstvy tectylu po zkoušce v korozní komoře

6.2 Zhodnocení přilnavosti tectylu k základnímu materiálu

Mřížkovou a zkouškou křížového řezu bylo prokázáno, že kvalita adheze tectylu k základnímu materiálu v obou variantách tloušťky vrstvy je velmi dobrá. Žádné viditelné poškození nenastalo a výsledkem je, že tectyl je dokonalou ochranou základního materiálu pro první vrstvu celého ochaného systému.

6.3 Zhodnocení korozní zkoušky v solné komoře

Korozní zkouška v solné komoře sledovala charakter a rozsah korozního napadení vzorků. Po prvním sledování – době po 8 hodinách expozice v solné komoře vzorky zabalené do fólie neprošly žádnou změnou. Naopak tomu bylo se vzorky bez fólie, u kterých bylo zjištěno malé, ale viditelné zhoršení jak vizáže povrchu, tak v začínající tvorbě puchýřků. Naopak výskyt koroze se na žádném se vzorků neprokázal. Rozhodující v této chvíli nebyla ani tloušťka vrstvy tectylu, protože obě varianty tloušťek vzorků měly shodný průběh změn. Ze simulace jednoho až dvou měsíců (8 hodin v solné komoře) vyplívá, že je pro toto skutečné období dostačující jen jedna vrstva tectylu a použití fólie není nezbytně nutné.

Výrazná změna nastala na konci zkoušky. Vzorky s jednou vrstvou tectylu, které nebyly chráněny folií měly vysoký výskyt puchýřků a v některých místech tectyl úplně odpadl. Naopak v případě, kde fólie chránila tectyl, se puchýřky vyskytly výrazně méně. Pouhým okem šlo rozeznat, že vrstva tectylu je menší než před zkouškou, ale nedošlo k jeho odlupování. V porovnání variant tloušťky vrstev, byl u dvojnásobné ochrany vidět výrazný rozdíl. Tectyl se neodloupl a puchýřkování nebylo tak zřetelné. Výskyt rzi se mohl sledovat pouze u vzorků s řezem, nebo u těch, kde tectyl odpadl. Fóliová ochrana zabránila prorezávání u všech typů vzorku a to dokonce i u těch, kde byla fólie mírně porušena.

Závěr

Cílem této práce bylo vytvořit ucelený koncept toho, jak by se mělo aplikovat správné zámořské balení podle nejmodernějších trendů. Musíme tak kombinovat v první řadě důkladnou ochranu proti korozi a dále vytvoření přepravního obalu, tak aby chránil jak vrstvy chránící materiál proti působení vnějších vlivů, tak proti mechanickému poškození. Další roli pak při výběru způsobu kompletního zabalení hrají zejména klimatické podmínky míst přepravy, zvláštní předpisy tranzitních zemí, a zda se bude materiál přepravovat leteckou, lodní či vlakovou a kamionovou dopravou.

Samotný výrobek, jehož chránění je prvotní, se chrání mnohavrstevným rozpouštěcím antikoročním přípravkem na voskové bázi, který se nazývá Tectyl. Další vrstvy jsou složeny z vakuových pytlů a fólií, které jsou následně ještě obaleny lamiflexem a dřevěným latěním, aby se zabránilo mechanickému poškození. Takto chráněný produkt se uloží do beden, kontejnerů, nebo na podstavec ze dřeva, kovu či jejich kombinaci. Typy podstavce se volí podle hmotnosti přepravovaných kusů.

V praktické části byl srovnán způsob ochrany jednou vrstvou tectylu a dvěma vrstvami. Z výsledků zkoušek bylo zjištěno, že pro krátkou přepravní a skladovací dobu, čili jeden až dva měsíce, je ochrana jednou vrstvou dostačující. Na druhou stranu, pro období jednoho roku se ukázala jedna vrstva jako nedostačující. Turbínové hřídele přepravované po moři se ze střední Evropy přes oceán až na místo stavby vodního díla dopravují více než dva měsíce. Častokrát se díky zpoždění jak výstavby, nebo dalších subdodávek musí ponechat uskladněné na staveništi až po dobu testovaného období jednoho roku. Proto v těchto případech doporučuji pro krátké vzdálenosti a přepravu po souši jen jednu vrstvu tectylu. Tím se ušetří náklady jak na samotný konzervační prostředek, čas a mzdy dělníků. Dosáhneme tak na levnější výrobu a produkt bude kvalitně chráněn. Pro přepravu po moři musíme volit už ochranu dvěma vrstvami tectylu, protože výrobek prodělává delší transport a výrazně horší klimatické podmínky a jedna vrstva by nemusela kvalitně výrobek ochránit, jak bylo dokázáno v experimentální části této práce.

Použitá literatura

- [1] MOHYLA, Miroslav. *Technologie povrchových úprav kovů*. Učební texty VŠB – TU Ostrava, 2006. 3. vyd. 156 s. ISBN 80-248-1217-7.
- [2] RÚŽIČKA, Jindřich. *Technologie balení I*. 1. vyd. Praha: Státní pedagogické nakladatelství, n.p., 1988. 168 s. ISBN 80-80-44/1.
- [3] JURIČKOVÁ, Hana a kolektiv. *Kvalitní balení zabraňuje škodám*. 1. vyd. Praha: vydavatelství Novinář, 1990. 112 s. ISBN 80-70003-108-5.
- [4] KREJCAR, Jaroslav. *Přepravní balení, ložení a fixace zboží*. 1. vyd. Pardubice: Univerzita Pardubice, 1998. 164 s. ISBN 80-7194-142-X.
- [5] ČSN EN ISO 8501-1 – *Příprava ocelových povrchů před nanesením nátěrových hmot a obdobných výrobků – Vizuální vyhodnocení čistoty povrchu – Část 1: stupně zarezavění a stupně přípravy ocelového podkladu bez povlaku a ocelového podkladu po úplném odstranění předchozích povlaků*. Praha: ČNI, 2007.
- [6] ČSN EN ISO 2808 – *Nátěrové hmoty – Stanovení tloušťky nátěru*. Praha: ČNI, 2007.
- [7] ČSN ISO 8502-3 – *Příprava ocelových podkladů před nanesením nátěrových hmot a obdobných výrobků – zkoušky pro vyhodnocení čistoty povrchu- Část 3: Stanovení prachu na ocelovém povrchu připraveného pro natírání*. Praha: ČNI, 1999.
- [8] ČSN EN ISO 16276-2 - *Ochrana ocelových konstrukcí proti korozi ochrannými nátěrovými systémy – Hodnocení a kritéria přijetí, adheze/koheze (odtrhová pevnost) povlaku – Část 2: Mřížková zkouška a křížový řez*. Praha: ČNI, 2008.
- [9] ČSN EN ISO 4287 – *Geometrické požadavky na výrobky (GPS) – Struktura povrchu: Profilová metoda – Termíny, definice a parametry struktury povrchu*. Praha: ČNI, 1999.
- [10] ČSN EN ISO 9227 – *Korozní zkoušky v umělých atmosférách – zkoušky solnou mlhou*. Praha: ČNI, 2007.

- [11] ČSN EN ISO 4628-1 – *Hodnocení degradace nátěrů – klasifikace množství a velikosti defektů a intenzity jednotlivých změn vzhledu – Část 1: Obecný úvod a systém klasifikace*. Praha: ČNI, 2004.
- [12] ČSN EN ISO 4628-2 – *Nátěrové hmoty – hodnocení degradace nátěrů – klasifikace množství a velikosti defektů a intenzity jednotlivých změn vzhledu – Část 2: Hodnocení stupně puchýřkování*. Praha: ČNI, 2004.
- [13] ČSN EN ISO 4628-3 – *Nátěrové hmoty – hodnocení degradace nátěrů – klasifikace množství a velikosti defektů a intenzity jednotlivých změn vzhledu – Část 3: Hodnocení stupně prorezavění*. Praha: ČNI, 2004.
- [14] ČSN EN ISO 4628-8 – *Nátěrové hmoty – hodnocení degradace nátěrů – klasifikace množství a velikosti defektů a intenzity jednotlivých změn vzhledu – Část 8: Hodnocení stupně delaminace a koroze v okolí řezu*. Praha: ČNI, 2005.
- [15] Časopis Svět Balení [online]. 2012 [cit. 2012-01-03]. *Přepravní balení: Problémy koroze uvnitř balení*. Dostupné z WWW: <<http://www.svetbaleni.cz/hlavni-tema/sb-3-2007-hlavn-tma-prepravni-baleni-problemy-koroze-uvnitr-baleni.htm>>.
- [16] Moderní obaly [online]. 2012 [cit. 2012-01-03]. *Moderní obaly obrázků Lamiflex*. Dostupné z WWW: <http://www.moderniobaly.cz/obrazky/catalog/74_cat_hlavni.jpg>.
- [17] Obrázky.cz [online]. 2012 [cit. 2012-05-18]. *PE fólie obrázků*. Dostupné z WWW: <http://www.transpaksro.cz/cosmoshop_cz/pix/r/gross/8260036.jpg>.

Seznam příloh

Příloha č. 1 Materiálový list ASTM A668 cl F

Příloha č. 2 Technický list TECTYL E506 EH

Příloha č. 3 Technický list Konkor 103

Příloha č. 4 Kompletní dokumentace vzorků v jednotlivých cyklech

Poděkování

Děkuji své vedoucí práce doc. Ing. Jitce Podjuklové, CSc. Za odborné vedení při tvoření této práce. Děkuji Ing. Sylvii Kopaňákové a Bc. Petru Opatřilovi za odborné rady a informace poskytnuté k tématu mé diplomové práce.